蘆筍嫩莖採收後的老化問題

Review on the Toughness of Post-harvested Asparagus Spears

張喜寧

by

Doris Chi-nu Chang

摘　要

本文爲中外有關採收後蘆筍老化問題研究之整理與介紹。重點在討論採收後蘆筍細胞的木質化與纖維化，包括研究方法之介紹，有關之酵素，影響因子，藥劑處理，普通及控制大氣低溫貯藏法等之研究。此外又提及採收後之其他生理變化，例如 pH 值，維他命 C，糖份，葉綠素含量等變化及筍尖開展問題。本文鄭重建議蘆筍一經採收後即應將基部浸水，並配合以低溫運送及貯藏，以減少纖維之發生，提高品質。並強調蘆筍之採收應在下午，盼望加工廠之作息能與原料之獲得作密切之配合。

※　　※　　※　　※　　※

臺灣蘆筍事業發展甚爲迅速，短短數年功夫，由1963年的 441 公噸產量，增至 1974 年的112,477 公噸[9]。

臺灣栽培之蘆筍（*Asparagus officinalis* L.）幾全爲美麗華盛頓，種子皆來自美國，但一般認爲栽培於熱帶的蘆筍與溫帶者相比，組織較粗，影響品質[5]。

蘆筍現在是臺灣最重要的外銷加工食品之一，在外銷農產品中占舉足輕重的地位。加工後的蘆筍，必須是纖維組織已除去，或其含量極低者。在美國，對於評級的標準，硬度（toughness）及纖維度（fibrousness）是很重要的因素，尤以罐製蘆筍爲然[8]。由於每次收割的蘆筍原料量不少，不易一次加工，故而在貯藏期中發生之硬度與纖維度的改變，對產品的品質影響甚大，成爲加工業者很重要的問題。當然，蘆筍在生長期間所處的環境亦深深會影響其品質，但蘆筍的老化，最嚴重者爲採收後 24 小時之內[52]。故本文將把有關採收後蘆筍老化問題的研究報告作一系統的整理介紹給讀者。

Bisson 等人[12] 及 Brennan[14] 皆認爲蘆筍纖維的增加，主因嫩莖中糖份的被利用，而促使周圍維管束及維管束細胞木質化（lignification）增加之故，臺大農化研究所之曾浩洋君[8] 曾用 shear-press 將原料蘆筍莖之硬度加以分級，並就硬度不同的各級原料分析其不能利用醣類之化學成分，結果顯示影響蘆筍莖硬度的主要因素爲纖維素和木質素的量以及半纖維素的質，故本文所討論的蘆筍老化問題，主要將包括其細胞的木質化及嫩莖的纖維化二大部分，其他變化將屬於次要的討論。

A．蘆筍細胞的木質化：

人們早已知道並非所有的植物細胞皆會木質化，而只有那些專司溶質的運送或機械支柱之類的特殊細胞才會有木質化。Brennen[14] 研究蘆筍抗切性（resistance-to-cut）與解剖之關係，發現有三種控制因子，即纖維圈（fiber ring），厚壁管形結構（tracheary elements）及嫩莖之大小，而其中纖維圈及厚壁管形結構，皆直接與木質化有關。

研究細胞的木質化有切片染色法及直接分析法二大類。一般蘆筍嫩莖細胞已木質化者可被酸性之phloroglucinol 染成紅色，在雙重染色時，木質化之部分亦可被 safranin染成紅色。雙重染色一般可用 safranin 與 fast green[14] 或safranin 與 hematoxylin[6,30] 作雙重染料。當研究木質素在蘆筍構造中的分佈時，

本文原載於中國園藝第二十一卷第四期

可用紫外線顯微分光照相術（ultra-violet microspectrophotometry），干涉顯微術（interference microscopy）及紫外線螢光顯微術（ultra-violet fluorescence microscopy）等方法。由於目前一般研究報告皆採用黑白照片，被染成紅色的木質化細胞，在黑白照片上常甚難和其他染色區分。因此本人以爲在研究蘆筍細胞的木質化時，採用螢光顯微術要比普通雙重染色照相爲佳，下面有本人所提供之圖片爲證（Fig 1，2 與 3）。另外本人在今年年初所發表的文章中對螢光顯微照相術有更詳細的討論[6]。至於木質素之分析法，則有AOAC之分析法[11]，或 Christian[18] 之法可用來定量。

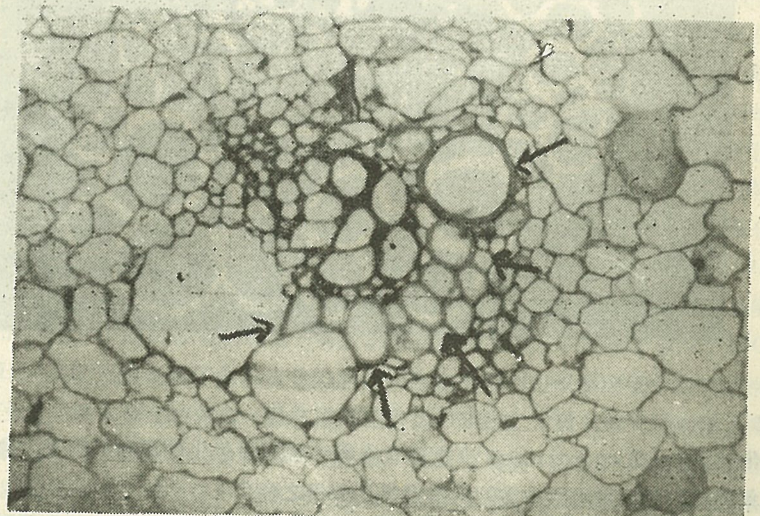
目前已發表的有關蘆筍細胞木質化的研究，一般都用分析法[1,4,7,8,48] 來研究木質素的含量，或用普通染色法[6,14] 來確定其存在，少數作過螢光染色照相者[6]，至於電子顯微鏡之研究更少[6,48]。

分析法皆證明嫩莖在採收後於室溫下，一天之內，其木質素急速增加。Brennan[14] 之普通染色法亦證明蘆筍嫩莖採收後，於室溫下 24 小時之內，先有周圍維管束纖維細胞壁之加厚，接著有後生木質部管形結構細胞壁之加厚與木質化。本人則發現蘆筍幼苗莖部細胞受 Ethephon 及 2，4-D處理以後，其周圍維管束細胞之木質化加速[6]。

早在1964年Neish[40] 就發現苯丙氨酸脫氨酵素（phenylalanine ammonia-lyase，PAL）會促使許多產物轉變成芳香化合物（aromatic compounds），而與木質素的生物合成有關。最近更有多人認爲此種酵素是控制植物細胞（包括蘆筍）木質化的主要酵素[17,19,24,28,55,56]。

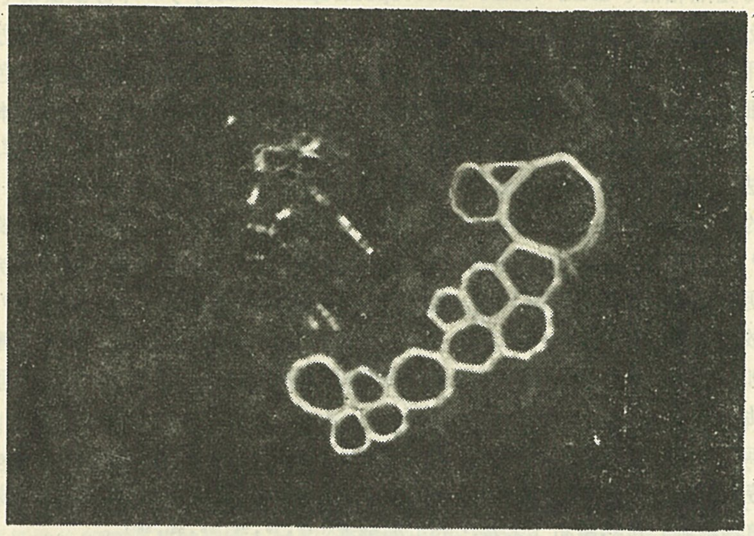
Goldstein 等人[25] 報告蘆筍嫩莖中PAL之活性可因採收切下而誘發，且以前之研究[24] 也顯示PAL 活性的上升與木質化之開始有關，又此酵素之含量在新鮮蘆筍嫩莖中以基部之含量高，然後往頂端部分遞減。且經貯藏以後，蘆筍嫩莖中 PAL之量會隨著貯藏時間的增長而增加，例如蘆筍嫩莖經貯藏 4 週後其基部PAL之含量會增加 3 倍。

另外一種與細胞木質化有關之酵素爲過氧化酵素（peroxidase）。已有證據指出，過氧化酵素因催化苯丙烷單位（phenylpropane units）之結合作用而佔著木質素產生過程的控制地位[23,47]。又過氧化酵素於初生細胞壁與次生細胞壁區域之存在與木質素之沉積有關[27]。有些植物如成長中的梨，其木質化程度與過氧化酵素總活性和異構酵素的分布皆無關，但Haard 等[26]發現在採收後，蘆筍嫩莖中木質化之開



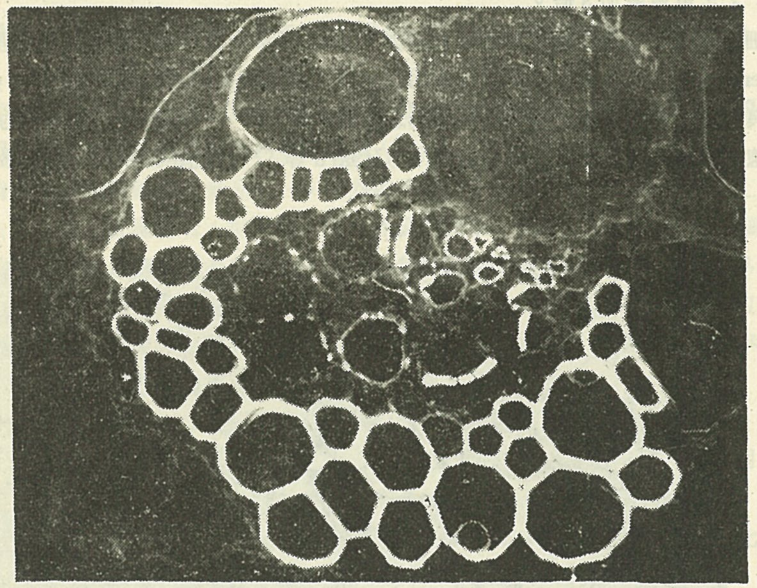
圖一. 經 safranin 與hematoxylin 雙重染色之蘆筍嫩莖維管束橫切面被safranin 染上者顏色較淡（箭頭），爲已木質化之細胞（放大500倍）

Fig. 1. Cross section of the asparagus vascular bundle, double stained with safranin and hematoxylin. Arrows (↑) indicate the safranin stained lignified cells (X500)



圖二. 經 0.1% cotton blue 螢光染色之蘆筍嫩莖維管束螢光照片，木質化之細胞才會發出螢光（放大 500 倍）

Fig. 2. Fluorescence micrograph of an asparagus vascular bundle. Only lignified cell will show the fluorescence (X500)



始與異構過氧化酵素（ iso-peroxidase ）之變化有關，而與過氧化酵素和細胞壁之會合無關。他們更進一步指出乙烯氣體誘致與纖維形成有關的異構過氧化酵素之變化。

研究環境因子與植物細胞木質化的文獻不多，以蘆筍爲材料的文獻更少。將分項討論如下：

(a) 溫度：Goldstein 等[25] 發現給與蘆筍植株長期的低溫處理亦可引發其嫩莖內PAL 量的增加。此發現似可用來解釋以前許多人所觀察到的在低溫下蘆筍嫩莖反而有老化的現象。張唯勤等[7] 發現綠蘆筍嫩莖採收後，於室溫儲藏期間，木質素急速形成。

(b) 光線：雖然在草莓[19]，馬鈴薯[57] 及芥菜[51] 中光線會影響PAL 之活性，但在蘆筍中，光線對於 PAL之活性似無多大影響[25]；即對 PAL 酵素的活性既沒有促進作用也沒有由於光的保護而減低其活性喪失的作用。不過由切片上之觀察，發現蘆筍嫩莖細胞木質化的程度卻以白蘆筍爲多（未發表）。本人以爲此現象之發生，如果光的直接影響並不大，那麼極可能有乙烯的參與，而促進了細胞的木質化之故。

(c) 乙烯：已有許多證據指出在柑桔[43]，瑞典蕪菁[42] 及甘薯[29] 中，乙烯會促進受傷的組織產生 PAL 。但 Goldstein 等人[25] 初步測定在完整植株上同鮮重之蘆筍嫩莖與切成小圓片之嫩莖之間所產生之乙烯量並無差異。而 Haard[26] 最近發表一文認爲蘆筍經切割後會產生乙烯，而引發異構過氧化酵素的形成，造成細胞之木質化，而使蘆筍嫩莖硬化。本人在前實驗中發現乙烯有促進蘆筍幼苗莖部細胞木質化之作用[6]，因此建議對乙烯在蘆筍老化問題中所扮演的角色，有深入研究的必要。

(d) 濕度：研究濕度直接影響蘆筍細胞木質化的文獻似乎從缺，但已知採收後蘆筍嫩莖基部是否浸於水中與其纖維量的形成有直接關係[14,52]，故濕度必然是影響蘆筍嫩莖細胞木質化的重要因素之一。

其他還有一些因素皆會影響植物細胞的木質化，但實驗材料大半是蘆筍以外的植物，其中除了張唯勤等[7] 之實驗外，其他皆爲外國人之研究結果，由於文獻資料不全，謹先聲明以下蘆筍以外之研究資料皆取自於“ Lignins : Occurrence, formation, structure and reactions ”這本書中之第二章Wardrop 所書“ Occurrence and formation in plants ”[54] 一文。

Nečesāny 發現在史考特松（ scot pine ）及白楊中，凡是木質化程度最高的部位，其 IAA 之含量也最高，且Koblitz 也發現當 IAA 濃度超過 1 ppm 時會促進胡蘿蔔組織培養之木質化 。又很有趣的是 kinetin 也會促進胡蘿蔔及煙草組織培養的木質化。張唯勤等[7] 發現綠蘆筍嫩莖採收後，於室溫儲藏期間，木質素急速形成，而 cytokinins 和 gibberellins 之含量都急速降低。 4°C，低溫儲藏，gibberellins 活性消失要比 cytokinins 之變化來得快速。噴灑 5 ppm 之 morphactin 可部分抑制木質素之形成及gibberellins 和 cytokinins 活性之消失，加上本人在前實驗中發現乙烯有促進蘆筍幼苗莖部細胞木質化的作用[6]，故張唯勤等[7] 建議 cytokinins 和 GA 活性之降低與乙烯之增加與木質素增加之關係，有研究的必要。

Wardrop[54] 指出在自然界中所觀察到植物細胞的木質化一般都在 auxin 濃度比較高的情況下發生，但此作用可被 anti - auxin 所抑制。Auxin 影響木質化的作用機構仍不甚清楚，但至少已知在木質化過程中參與氧化作用的過氧化酵素亦有 IAA 氧化酵素（ IAA oxidase ）的效用，即可將 IAA 氧化成氧化吲哚衍生物（ oxindole derivative ）的作用。Thimann[49] 指出 diphenols 及 polyphenols 可抑制過氧化酵素的作用，但過氧化酵素亦可將 diphenols 及 polyphenols 氧化成聚合化產物，且此作用會被 IAA所抑制。故植物體中 IAA, peroxidase 及 phenols 三者之平衡可能會深深影響到木質化作用。

由化學觀點而言，知木質素須由多醣類演變而來。故多醣類之變化亦爲控制木質化作用的重要因子。

Lipetz[31] 指出植物在木質化過程中鈣離子占有相當重要的地位。早期Davis[21] 也指出在低鈣含量生長的植物比在高鈣含量之處生長者木質化程度爲高。又除了鈣離子以外，還有許多離子皆會影響細胞壁中過氧化酵素的含量。下面爲影響細胞壁中釋放過氧化酵素能力大小的離子順序：即 $Ca^{++} > Sr^{++} > Ba^{++} > Mg^{++} > NH_4^+$ 因此可說鈣離子對木質化的控制可能在於它可控制細胞壁中過氧化酵素含量之故。此外又有硼會促進玉米幼根木質化的報導，雖然這些報告指出細胞之木質化會受細胞壁上離子濃度的影響，但並未指出到底細胞外的木質化作用是如何受控制的。到目前爲止，已知木質化並不影響細胞壁的張力，但卻可以增加細胞壁對壓縮力的抗性。目前我們認爲應當多加研究木質化及非木質化細胞的細胞壁與細胞質間的關係，以便瞭解細胞選擇性木質化的作用機構。

Blasberg[13] 在 1932 年研究蘆筍的解剖發現蘆筍嫩莖的發育是由莖部之下部開始伸長，然後繼續往上生長，而頂部還在胚期時，底部已經成熟。故基部之嫩莖所含已木質化之維管束比頂部者爲多，顯然最裏面之維管束含有最木質化之厚壁管形結構，主因它發育得較早。

MacGillivray[38] 及 Culpepper 和 Moon[20] 發現新鮮蘆筍嫩莖之抗切性以靠近地面處爲最大，然後往頂端遞減。他們認爲抗切性主要是由於周圍維管束纖維層所引起。因此 Scott 及 Kramer[46] 認爲綠蘆筍之採收要筍尖已高達地面上 8 吋（即 20 公分左右）時採之，加工時並取段於纖維較少，離筍尖不遠處之嫩莖才可得品質佳良之蘆筍，只是此法有「產量」較少之缺點。

B. 蘆筍嫩莖之纖維化：

Morse[39]，Bisson 等人[12] 及 Lipton[33] 以化學分析法測知蘆筍嫩莖在貯藏期間之纖維會繼續增加，且 Bisson 等人[12] 觀察到當嫩莖被採收後 24 小時之內，纖維增加最多。但如貯藏在低溫下則增加最少。Scott 及 Kramer[45] 在 1949 年報告說蘆筍壓力值會隨著貯藏時間的增長及溫度的昇高而昇高，但如以打碎機法（ blendor method ）去量纖維含量則會隨著時間及貯藏溫度之增加而降低。

Carolus 等人[16] 和 Brody 及 Francis[15] 皆報導說在高溫或高呼吸率時纖維會「消失」。此結果正好與 Morse[39] 及 Bisson 等人[12] 所發現者相反。但 Scott 及 Kramer[45] 認爲這些相反的結果主因所用的纖維分析法不同所致。

Lougheed[36] 認爲由 AOAC 法[11] 所分析出來之物應是粗纖維（ crude fiber ），而纖維之含量應以打碎機法所測出者較理想。Scott 及 Kramer[45] 認爲打碎機法比 AOAC 法[11] 更能正確地估計出感官品評之纖維度（ organoleptic fibrousness ），而 AOAC 法則較適於用來估計嫩莖中粗纖維之合成與分解等生理變化，最近盛行採用截壓力測定儀（ shear-press ）來測蘆筍，此法不但一次可測多根蘆筍嫩莖，且可減少筍莖大小之影響[53]。又所得之結果與感官評分值甚爲接近。

Wiley 等[53]，及 Wiley[52] 用打碎機法發現採收後蘆筍嫩莖纖維增加，但如將蘆筍基部浸在水中將比不浸水者少含纖維。因此 Brennan[14] 試將蘆筍嫩莖切成二半，他將縱切的蘆筍嫩莖一半之切口放在水盤中，另一半乾放在空氣中，然後貯放在 2-4° C 低溫，20-21° C 室溫及 22-23°C 高溫下，結果發現纖維層及每一維管束所含之厚壁管形結構之百分比以乾貯藏者較切口浸於水中者爲多，但貯放於高溫 22-23° C 者例外。又貯放於 20-21°C 者，纖維層之量經乾濕貯藏者差異顯著，即乾貯藏者所含纖維明顯地比基部浸水者爲高。又貯放於 2-4°C 者，乾貯藏之蘆筍顯然含較多之細胞壁物質（cell wall material ）。因此他建議採收後之蘆筍，於貯藏前應先用冷水處理（ hydrocooling ），即在田間就馬上將採收後之蘆筍浸入冷水中，並貯存於低溫下，如此可保持蘆筍之良好品質。Wiley[53] 也推薦採收後之蘆筍應貯放在水盤中，或墊以濕海棉。林昭雄[3] 及方祖達和區少梅[1] 建議臺灣之蘆筍在田間採收後應馬上以 4° 及 5°C 之冷水噴灑，以降低品溫至 8°C 左右。總之，採收後之蘆筍應馬上經水洗，並置放在濕海棉墊上，冷藏（ 2～4° C，85～90 % 相對濕度）或搬運。而國際冷凍協會所推薦的蘆筍短時間的貯藏最適溫度爲 0～5°C，相對濕度爲 85～90 %[10]。

Scott 及 Kramer[45] 發現蘆筍之最高截壓值依貯藏時間之延長而顯著增加。新竹食品研究所之吳碧鏗等[4] 則發現蘆筍在採收後，如貯藏於室溫下，雖依貯藏時間之延長，有最高截壓值隨而增加之趨勢，但至採收後經 16 小時之統計看來，其增加並不顯著，不過如果貯藏到 48 小時，則有顯著差異。他們並發現遲延移入冷藏庫貯藏者，均比較早移入者截壓值高；冷水或冷冰水浸漬過的也一樣。於產地行浸水處理降低品溫並不能使截壓值有顯著的減少。Wiley 等[53] 也得同樣結果。他們把蘆筍嫩莖之基部切口浸於水中，發現比冷水處理有效，而乾貯藏與浸水貯藏之粗纖維含量變化，前者有 0.24% 之增加，但後者有 0.11% 之減少。吳碧鏗等[4] 之實驗結果，箱底有濕海棉墊與無海棉的相比，其粗纖維含量及截壓值前者均較低。總之，浸水對於組織容易粗硬的筍類似有抑制效果，但在原料箱塑膠網蓋上面放小冰塊對於截壓值之增加無顯著之抑制效果。

由於蘆筍的易於老化是因它有甚強之代謝作用，因此，除了用低溫貯藏以降低其代謝外，又有試圖用藥劑處理以防止其老化者；最初利用植物生長調節劑來處理蘆筍者爲 1957 年 Brody 及 Francis[15] 所作之實驗，他們共用了五種生長抑制劑即 maleic hydrazide（ MH ），benzothiazol-2-oxyacetic acid（Regulant 3201），2, 4-dichlorobenzyl nicotinium chloride（ DBNC ），（ 4-hydroxy-5-isopropyl-2-methylphenyl ）trimethyl ammonium chloride（ AMO-1618 ）及 hexyldimethylpiperonyl ammonium chloride（ HDPAC ）來處理蘆筍嫩莖。結果發現只有 MH，Regulant 3201 及 DBNC 三者可稍微降低蘆筍的抗切性，而 Amo-1618 及 HDPAC 皆可增加抗切性，但 Amo-1618 需較高之濃度。又 Regulant 3201 會促進蘆筍嫩莖之伸長，但 Amo-1618 及 HDPAC 皆會抑制嫩莖之伸長。總而言之，上述 5 種藥劑並無任何一種可延長新鮮蘆筍之販賣壽命（ shelf-life ）者。且他們又發現呼吸率與抗切性有相反之關係，故建議說可能高呼吸率會使本可促進木質化的有效代謝物質減少，因而有較低之抗切性。Brennan[14] 則認爲 Brody 及 Francis 之發現實際上可能是這些生長調節劑對貯藏中嫩莖之生長有作用，而非由於呼吸率之昇高所致。Brennan 之推論是基於發現這五種生長抑制劑中有二種確可促進嫩莖之伸長，並可降低抗切性。又有二種剛好有相反效果，即可抑制嫩莖之伸長並可促進抗切性。因此他認爲原作者所推論之呼吸作用甚有疑問。其他又有 Dedolph 等[22] 使用 N^6-BA（即 N^6-benzyl-adenine ）處理蘆筍嫩莖，發現 5×10^{-5} M 之 N^6-BA，可使貯放在 21°C 之蘆筍嫩莖降低呼吸率達 16 %，因此推論可能 N^6-BA 會影響糖解作用（ glycolytic pathway ），故可抑制呼吸作用。

新竹食品研究所之吳碧鏗等[5] 曾將白蘆筍切口浸於木糖（ xylose 1% ），Mg-EDTA（ 0.05 % ）及蔗糖（ 1 % ）等溶液中觀察其對於筍莖組織硬化之影響，在 2～4°C，相對濕度 85～90 % 冷藏庫貯藏 5 天後製罐，再經貯藏（ 27°C ）一個月後開罐品評，結果沒有發現有顯著的保存嫩度效果（與浸漬於水者相比），卻對於風味有不利影響，故未加以推薦。

最近張唯勤等[7] 試圖用 5 ppm 之 morphactin 來處理貯藏中之綠蘆筍嫩莖，結果雖能抑制 cytokinins 及 GA 活性之消失，且亦部分抑制木質素的形成，但其效果仍不如低溫貯藏的好。他們又發現，綠蘆筍採收後老化過程中，GA 和 cytokinins 活性都急速下降，而與木質素和纖維之形成成相反關係。

綜合以上之藥劑處理資料，知還未找到可大量施用之有效種類，因此藥劑處理仍未被推薦使用。

另外一種試圖抑制蘆筍老化的方法即爲改變大氣成分貯藏法（ modified atmospheres storage ），早期作有關蘆筍在改變大氣中貯藏者有 Thornton[50] 及 Platenius[41]。Thornton[50] 發現存放在 50 % CO_2 中三天，蘆筍即受傷害。但如存放在 28 % CO_2 中三天，溫度保持在 32～59°F 則免於生理傷害之發生。Platenius[41] 則發現蘆筍貯放在 68° F，氧氣濃度低於 2.8 % 之環境中一天，則其嫩莖之伸長部組織被破壞。後來 Lipton[32, 34, 35] 深入研究氧氣濃度與中等 CO_2 濃度對蘆筍嫩莖之影響，結果貯藏在 10 % 或低於 10 % CO_2 與 10 % 或高於 10 % 氧氣濃度中 6 天之蘆筍嫩莖，如溫度保持在 37.5° F 則無可見傷害發生。又試將綠蘆筍嫩莖放 7 天在不同濃度之 CO_2（ 0～30 % ）和 O_2（ 0～21 % ）之大氣中，溫度保持在 3 或 6° C，然後再移入 15° C 之環境中 2 天，結果發現 CO_2 濃度之增高可降低細菌性軟腐病對蘆筍嫩莖的傷害。而 O_2 之濃度不管在有或無 CO_2 之環境下皆對軟腐病之作用甚小。但如大氣中缺乏 O_2 或含 CO_2 濃度在 20 或 30 % 者，則在 3° 或 6° C 環境下也會對蘆筍嫩莖造成很嚴重之傷害，而較低濃度之 CO_2 則只在 6°C 會造成生理傷害。通常蘆筍之市場品質以存放在 5～10 % CO_2 者較佳，在此所謂中等濃度之範圍內，CO_2 雖也會造成蘆筍之輕微生理傷害，但與不加任何 CO_2 而產生嚴重的軟腐病情形相比仍較有利。

Lougheed 和 Dewey[37] 也研究改變大氣之蘆筍貯藏，結果發現在 35° F，10-20 % 之 O_2 對防止蘆筍老化之作用無效。但 3-30 % 之 CO_2 會增加蘆筍嫩莖之鮮重及柔嫩性，其中以 15 % 之 CO_2 濃度效果最好。且在改變大氣貯藏中，如將蘆筍基部浸於水中，將可得較柔嫩之蘆筍。他們認爲這種柔嫩效果小部分是由於水分吸收而有較高的膨脹現象（ higher turgidity ），但主要是由於細胞內含物的分解所造成。他們試將在 CO_2 處理下所得品質較細嫩之蘆筍嫩莖加以烹煮，發現所得之熟蘆筍顏色爲好看的暗綠色，但缺乏風味是一大缺點。

此外 Lougheed[36] 又在改變大氣貯藏中加上化學藥劑之處理。他採用了 MH 及 sodium 2, 4-dinitrophenolate（ DNP ）二種藥劑，結果發現蘆筍在 15 % O_2 加上 15 % CO_2 之大氣貯藏中，加上 MH 0.3%

之處理，於 35°F 下貯藏一週，對蘆筍之水分吸收作用並無影響。他也無法解釋是否因爲在改變大氣中呼吸作用對水分之吸收無作用，或在此情況下，MH 無法發揮其抑制呼吸作用的功能。他又用了4×10^{-4}M 之DNP來處理貯藏在9% O_2 加上 12% CO_2 環境下之蘆筍，結果發現蘆筍對水分吸收的能力會因DNP之處理而降低約2 %。檢查處理過之蘆筍樣品，發現經DNP 浸漬過之蘆筍嫩莖基部有皺縮現象，可能因此而降低了水分向上運送的能力。他又發現改變大氣成分貯藏，蘆筍之 pH 會因有 CO_2 之處理而增加。Schweigart 及 Kellner[44] 認爲貯藏在普通空氣下之蘆筍會因時間之增長而有 pH 稍微降低的現象是一種老化的表示。Lougheed[36] 也發現在 15 % CO_2 環境中貯藏之蘆筍嫩莖，如其基部浸於水中，則其pH值約爲 6.70 ，如乾貯藏在此環境中，則 pH爲 6.27 。

總之，既使貯藏於改變大氣中， 35°F低溫仍較45和55°F可得品質較佳之蘆筍，且以在O_2 濃度 5-20 %，加上12-15 %之CO_2，基部浸於水中，濕度保持在85-90% 者最爲理想。但此種纖維較少之蘆筍在煮熟後比在普通空氣下貯藏者缺乏風味是一大缺點。

C. 其他生理變化：

除以上細胞之木質化與嫩莖之纖維化外，還有許多生理上的改變，例如蘆筍中維他命C的含量，隨著貯藏溫度之昇高及時間之延長而減少，故 Scott 及Kramer[45]認爲由蘆筍中維他命C含量的變化，可作爲鮮度判斷之依據。Scott及Kramer[45] 及方祖達與區少梅[1] 發現蘆筍中之全可溶性固形物會隨著貯藏溫度之昇高而降低。又蘆筍之風味和其糖份含量有關。故蘆筍風味的喪失與糖份的減少習習相關。Lipton[33] 發現在 32°F，糖份經2週之貯藏卽消失； 50°F則爲一週； 68°F糖份僅能保持2天；86°F時糖份則僅能保住半天。Lipton 推論糖份的喪失主要是被用在呼吸作用及纖維增加的作用上。此外，綠蘆筍之葉綠素含量會隨著貯藏時間的增長而降低。方祖達及區少梅[1] 發現貯藏溫度對嫩莖色澤變化之影響較濕度爲大。又葉綠素之消退在貯藏開始之頭二天以基部較尖端爲快，而以後則以尖端部消退較快。

臺灣產之綠蘆筍素有葉綠素不夠之缺點。王進生[2] 發現下午採收之嫩莖含葉綠素較上午採收者高；晴天採收也較陰天高。故一般建議農民應在下午才採收綠蘆筍。爲了要提高綠蘆筍的品質，下午採收的建議非常重要。唯有賴於工廠作密切的配合，例如可在蘆筍盛產期間設法將工人分日夜兩班，如此日夜皆可開工，確保綠蘆筍的品質。

此外蘆筍亦有筍尖開展問題，此現象卽爲老化的表徵，與採收後的貯藏溫度過高或濕度過低及品系有關[32]，有關單位正在密切注意中，期望不久的將來可選到適當的優良品系。

結　　論

有許多農產品其品質之好壞決定於田間之栽培技術，而蘆筍卻是一種較特殊的蔬菜，在田間本來品質優良之嫩莖，採收後24小時之內如未經適當處理將會失去商品價值。卽使經過水冷至5°C，95 % 相對濕度之室內貯藏，綠蘆筍也只有三天，白蘆筍更只有一天能保持品質與採收當天者相近[1]，故採收後之處理不可不重視。

比較臺灣目前處理採收後之蘆筍情形與本文所述之種種研究結果，深深覺得臺灣至少可以推廣蘆筍經採收後其切口基部馬上浸水之工作。當然要求農民在田間自行將蘆筍品溫降到 5° - 8°C 較難實行，但至少筍農應可做到在採收前先放一層塑膠布在採收籃中，再放上一層厚厚的，浸過水的海棉，然後將採收好的蘆筍綁成綑後，卽刻直立放入籃中，使基部浸水，再送到檢收站驗收。然後經檢收站人員用冷水澆淋此批蘆筍以降低品溫，並馬上送上卡車運至工廠以備加工。由蘆筍裝運上卡車至加工廠貯藏室除應注意保持 0～5°C之低溫外，還須注意繼續將蘆筍基部浸在水中，直到加工爲止。既使販賣作新鮮蘆筍者，亦可將基部浸於水中，如此可防纖維之急速產生。總之，外銷蘆筍品質之改善需靠農民，驗收站，運送設備，及加工廠數環之間密切配合，不容任何一環疏忽。其中浸蘆筍基部之水分更應力求清潔，絕不可用陰溝之髒水，以免影響品質。

此外，爲長久之計，臺灣應設法育出適應臺灣氣候及風土之優良品種。願臺灣所有之蘆筍工作人員共勉，以期使臺灣之蘆筍品質達到世界標準，年年爲國家爭取外滙。

參考文獻

1. 方祖達、區少梅，1974. 預冷與貯藏溫度對蘆筍嫩莖呼吸率、品質及保鮮之影響。中國園藝20(4)：204-212.
2. 王進生，1972. 綠蘆筍葉綠素形成影響因子之研究（第一報）。中國園藝18(1)：13-17.
3. 林昭雄，1972. 改進臺灣蘆筍品質及產量之研究。II 影響蘆筍嫩莖水冷效果之因子研究。中國園藝18(1)：18-24.
4. 吳碧鏗、李榮輝、鍾忠勇，1971. 臺灣產綠蘆筍之冷凍與製罐。食品工業發展研究所，研究報告第十號（食品加工之 5），58pp.
5. 吳碧鏗、李榮輝、劉廷英、張炳揚、張桂琳，1973. 白蘆筍保鮮 。食品工業發展研究所，研究報告第41號（食品加工之22 ），15pp.
6. 張喜寧、韓小蓉，1975. Ethephon及 2,4-D 對白化蘆筍幼苗細胞分化之影響。中國園藝21(1)：5-13.
7. 張唯勳、張啓正、胡雪萍，1975. 綠蘆筍嫩莖採收後貯藏溫度對木質素，Gibberellins 和 Cytokinins 含量之影響。中國園藝 21(2)：72-78.
8. 曾浩洋，1972. 關於蘆筍芽之硬度與化學成分關係之研究。臺大農化研究所碩士論文，26pp.
9. 臺灣省政府農林廳，1974. 民國64年版臺灣農業年報。
10. 長谷川久，1970. マリパックの 果菜類鮮度保持への利用 I，食品工業（日本）13(12):73-79.
11. Association of official agricultural chemists (AOAC). 1960. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. Washington Ed. 9, 288 pp.
12. Bisson, C.S., H.A. Jones, and W.W. Robbins. 1962. Factors influencing the quality of fresh asparagus after it is harvested. Univ. Calif. Agr. Expt. Sta. Bul. 410.
13. Blasberg, C.H. 1932. Phases of the anatomy of *Asparagus officinalis*. Bot. Gaz. 94: 206-214.
14. Brennan, J. 1958. Anatomical and respiration studies of the asparagus stem and the development of fibrousness during storage. Ph.D. dissertation. Univ. of Maryland. 63 pp.
15. Brody, H.D., and F.J. Francis. 1957. The effect of some growth inhibitors as post-harvest treatments for asparagus. Amer. Soc. Hort. Sci. 70: 281-285.
16. Carolus, R.L., W.J. Lipton, and S.B. Apple. 1953. Effects of packaging on quality and market acceptability of asparagus. Mich. Agr. Expt. Sta. Quart. Bul. 35: 331-342.
17. Cheng, K.C., and H.V. Marsh. 1968. Gibberellic acid-promoted lignification and phenylalanine ammonia-lyase activity in a dwarf pea. Plant Physiol. 44: 631-635.
18. Christian, K.R. 1971. Detergent method for total lignin in herbage. Fld. Stn. Rec. Div. Pl. Ind. CSIRO (Aust.) 10: 29-34.
19. Creasy, L.L. 1968. The increase in phenylalanine ammonia-lyase activity in strawberry leaf disks and its correlation with flavonoid synthesis. Phytochem. 7: 441-446.
20. Culpepper, C.W., and H.H. Moon. 1935. Composition of the developing asparagus shoot in relation to its use as a food product and as material for canning. USDA Tech. Bul. 462.

21. Davis, D. E. 1949. Some effects of calcium deficiency on anatomy of *Pinus taeda*. Amer. J. Bot. 36 : 276-282.
22. Dedolph, R. R., S. H. Wittwer, and V. Tuli. 1961. Senescence inhibition and respiration. Sci : 134 : 1075.
23. Freudenburg, K.1966. Analytical and biochemical background of a constitutional scheme of lignin. In "Lignin, structure and reactions", Ed. Martin, J.Amer. Chem. Soc. Advances in Chem. Ser. 59, Washington, D.C.
24. Goldstein, L. D., P. H. Jennings, and H. V. Marsh, Jr. 1971. A preliminary investigation of L-phenylalanine ammonia-lyase activity in asparagus : Distribution and response to storage, excision and incubation. Plant & Cell Physiol. 12 : 657-661.
25. Goldstein, L. D., P. H. Jennings, and H. V. Marsh, Jr. 1972. L-phenylalanine ammonia-lyase activity in asparagus spears : Effects of excision and incubation. Plant & Cell Physiol. 13 : 783-793.
26. Haard, N. F., S. C. Sharma, R. Wolfe, and C. Frenkel. 1974. Ethylene induced isoperoxidase changes during fiber formation in post-harvest asparagus. J. Food Sci. 39 : 452-456.
27. Helper, P. W., D. E. Fosket, and E. H. Newcomb. 1970. Lignification during secondary wall formation in coleus, an electron microscopic study. Amer. J. Bot. 57:85-96.
28. Higuchi, T., and K. Kojima. 1966. The role of phenylalanine deaminase and tyrase in the lignification of bamboo. Agr. Biol. Chem. 30 : 667-673.
29. Imaseki, H., M. Uchiyama, and I. Uritani. 1968. Effect of ethylene on the inductive increase in metabolic activities in sliced sweet potato roots. Agr. Biol. Chem. 32 : 387-389.
30. Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill. N. Y.
31. Lipetz, J. 1962. Calcium and the control of lignification in tissue. Amer. J. Bot. 49 : 460-464.
32. Lipton, W. J. 1957. Physiological changes in harvested asparagus (*Asparagus officinalis*) as related to temperature of holding. Ph.D. Thesis. Univ. Calif. Davis.
33. Lipton, W. J. 1958. Effect of temperature on asparagus quality. Proc. Conf. Transporation Perishables. Davis, Cali. Feb. 3-5 : 147-151, by the USDA Marketing Service. 1959.
34. Lipton, W. J. 1960. Effect of atmosphere composition on quality. In : California asparagus : Effect of transit environments on market quality. USDA Marketing Res. Rept. 428 ; 26 pp.
35. Lipton, W. J. 1965. Post-harvest responses of asparagus spears to high carbon dioxide and low oxygen atmospheres. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86 : 347-356.
36. Lougheed, E. C. 1964. Some physiological responses of excised asparagus shoots to water, temperatures and atmospheres of oxygen and carbon dioxide. Michigan State Univ. Ph.D. Dissertation. 149 pp.
37. Lougheed, E. C., and D. H. Dewey. 1966. Factors affecting the tenderizing effect of modified atmospheres on asparagus spears during storage. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89 : 336-345.

38. MacGillivray, J. H. 1933. Seasonal variations in the tenderness of asparagus. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 30 : 558-650.
39. Morse, F. W. 1917. Experiment in keeping asparagus after cutting. Mass. Agr. Expt. Sta. Bul. 172.
40. Noish, A. C. 1964. Major pathways of biosynthesis of phenols. In Biochem. of phenolic compounds. Ed. by J. B., Harborne 295-360. Academic Press, Inc., N. Y. N. Y.
41. Platenius, H. 1943. Effect of oxygen concentration on the respiration of some vegetables. Plant Physiol. 18 : 671-684.
42. Rhodes, M. J. C., and L. S. C. Wooltorton. 1917. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylalanine ammonia-lyase in swede and parsnip root tissue. Phytochem. 10 : 1989-1997.
43. Riov, J., S. P. Monselise, and R. S. Kahan. 1969. Ethylene-controlled induction of phenylalanine ammonia-lyase in Citrus fruit peel. Plant Physiol. 87 : 54-62.
44. Schweigart, H. A., and E. Kellner. 1938. Physiological-chemical measurements on asparagus stored under various conditions. Vorratspflege u Lebensmittelforsch 1 : 724-733. Chem. Abst. 34 : 7470 (1940).
45. Scott, L. E., and A. Kramer. 1949. Physiological changes in asparagus after harvest. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54 : 357-366.
46. Scott, L. E. and A. Kramer. 1954. Yield and quality of asparagus as affected by height of spear above ground at harvest. Food Packer 35 : 46-48.
47. Siegel, S. M. 1957. Non-enzymatic macromolecules as matrices in biological synthesis : The role of polysaccharides in peroxidase catalyzed lignin polymer formation from eugenol. J. Am. Chem. Soc. 79 : 1628.
48. Sterling, C., and B. J. Spit. 1957. Microfibrillar arrangement in developing fibers of asparagus. Amer. J. Bot. 44 : 851-859.
49. Thimann, K. V. 1964. In the "formation of Wood in Forest Trees (M.H. Zimmerman ed.)" 452 pp. Academic Press, N. Y.
50. Thornton, N. C. 1931. The effect of carbon dioxide on fruits and vegetables in storage. Conc. Boyce Thompson Inst. Plant Res. 3 : 219-244.
51. Weidner, M., I. Rissland, L. Lohmann, C. Huault, and H. Mohr. 1969. The control by phytochrome of phenylalanine ammonia-lyase activity in mustard seedlings (*Sinapis alba* L.). Planta 86 : 33-41.
52. Wiley, R. C. 1958. Handling and storage of asparagus for processing. Maryland Processors' Report 4 : 9-14.
53. Wiley, R. C., N. Elehwany, A. Kramer, and F. J. Hager. 1956. The Shear-press-An instrument for measuring the quality of foods. IV. Application to asparagus. Food Technol. 10 (9) : 439-443.
54. Wordrop, A. B. 1971. Occurrence and formation in plants. In "Lignins : Occurrence, formation, structure and reactions." Ed. by K. V. Sarkanen and C. H. Ludwig, pp. 19-41. Wiley Intersci.
55. Yoshida, S., and M. Shimokoriyama. 1965. Studies on phenylalanine deaminase in

the buckwheat. Bot. Mag. Tokyo 78 : 14-19.

56. Young, M. R., G. H. N. Towers, and A. C. Neish. 1966. Taxonomic distribution of ammonia-lyase for L-phenylalanine and L-tyrosine in relation to lignification. Can. J. Bot. 44 : 341-349.

57. Zucker, M. 1965. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. Plant Physiol. 40 : 779-784.

Summary

A review on the details of cell lignification and fibrousness of post-harvested asparagus spears is presented. Some other post-harvest physiological changes, such as changes in pH values, contents of Vit. C, sugar and chlorophyll, in addition to feathering problems are also discussed. Recommendations on the immediate cut end soaking of the harvested asparagus spears in cold water, the afternoon harvesting of green asparagus, and the close cooperation of the food processing companies are suggested.